Versuche über die Desinfektion von Brunnen mit Formalin.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

Friedrich Rosenmeyer

aus **Hannover.**

ACAD. MED. BAT. BIBL.

Rostock.

Rats- und Universitäts-Buchdruckerei von Adlers Erben, G. m. b. H.

1914.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
zu Rostock.

Referent: Geh. Medizinal-Rat Professor Dr. Pfeiffer.

Meiner lieben Mutter!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553616_0131

Im Jahre 1889 hat C. Fränkel in der Zeitschrift für Hygiene (Band VI, Seite 23) eine Arbeit veröffentlicht unter dem Titel „Über Brunnendesinfektion und Keimgehalt des Grundwassers". Er kam bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß bei Röhrenbrunnen eine Desinfektion meist nicht erforderlich wird. Sollte dennoch einmal eine Desinfektion notwendig werden, so könnte durch Auspumpen und mechanische Reinigung des Rohres, im Bedarfsfalle noch durch eine Behandlung mit Schwefelsäure — Carbolsäuremischung, eine genügende Desinfektion erreicht werden, da der Sitz der Verunreinigung im Rohre selbst zu suchen ist, während das Grundwasser in größeren Tiefen keimfrei zu sein pflegt. Es handelt sich hier nur um einen verhältnismäßig kleinen Raum, der desinfiziert werden muß. Zieht man dazu in Betracht, daß Keime von außen her nur schwer in das Brunnenrohr gelangen können, so leuchtet ohne weiteres ein, daß durch die vorerwähnte Maßnahme die Desinfektion eines Röhrenbrunnens nicht allzu schwer gelingen muß.

Ganz anders liegen dagegen die Verhältnisse nach Ansicht Fränkels bei der Desinfektion von Kessel-

brunnen, die weit mehr Verunreinigungen ausgesetzt sind. Fränkel benutzte für seine Versuche zwei Kesselbrunnen a und b, die sich auf den Höfen des hygienischen Instituts zu Berlin befanden. Die Zahl der Keime im Wasser des Brunnens a, der 1,3 cbm Wasser enthielt, war nicht sehr hoch. Zur Desinfektion wurden zunächst zwei Liter konzentrierter Schwefelsäure-Carbolsäure in den Brunnen gebracht; zur Prüfung der Wirkung wurden in regelmäßigen Zeiträumen durch Pumpen Proben von dem 1., von dem 100. und von dem 500. Liter entnommen, um die Keimzahl zu bestimmen. Am ersten Tage war das Wasser keimfrei, doch schon am 2. Tage zeigten sich auf der Gelatineplatte, beschickt mit 1,0 ccm der Probe vom 500. Liter, 17 Kolonien. Am 3. Tage waren in allen drei Proben Bakterien vorhanden, deren Zahl im Laufe der nächsten Tage im Wasser beträchtlich zunahm. Fränkel nahm an, daß die Quantität der eingeführten Carbolsäuremischung nicht genügte, trotzdem sie in erheblicher Menge im Brunnenwasser nachweisbar war. Die Desinfektion wurde mit einer größeren Menge Carbolsäuremischung, nämlich 10 Litern, wiederholt. Dieser zweite Versuch hatte ein noch schlechteres Resultat. Schon am 1. Tage fanden sich im Wasser noch Keime, deren Zahl in der Folge erheblich zunahm. Eine Erklärung für diese Erscheinung gab Fränkel in der Annahme, daß die auf dem Grunde eines jeden Brunnens infolge der Stagnation des Wassers entstehende Schlammschicht eine große Menge von Keimen beherbergt, die nach stärkerer Inanspruchnahme des Brunnens

durch zuströmendes Grundwasser unter günstigere Lebensbedingungen gesetzt werden und sich schnell vermehren. Wohl wird die Wassersäule keimfrei; sobald jedoch der Inhalt des Brunnens annähernd erschöpft ist, wird der Schlamm aufgewühlt, der die größte Zahl der Mikroorganismen enthält. So ergab sich, daß die Keime erst dann auftraten, als ein großer Teil des Brunnenwassers ausgepumpt war, nach vorstehendem Versuch im 500. Liter. Fränkel zog hieraus zugleich den Schluß, daß die desinfizierende Wirkung der Carbolsäure sich nicht auf die Schlammschicht erstreckt. Der Versuch wurde daraufhin nochmals wiederholt und zwar in der Weise, daß der Schlamm bei der Desinfektion aufgerührt wurde, um eine bessere Einwirkung der Carbolsäuremischung auf ihn zu erzielen. Der Erfolg war jedoch nicht viel besser. Zwei Tage lang erwies sich das Wasser als keimfrei; an den folgenden Tagen nahm die Keimzahl trotz des dauernden Carbolsäuregehaltes des Wassers ständig zu. Hierauf wurden Versuche in derselben Weise mit Brunnen b angestellt, der etwa $1^1/_4$—$1^1/_2$ cbm Wasser enthielt. Die Schlammschicht wurde gehörig aufgerührt und dem Brunnenwasser zehn Liter Carbolsäuremischung beigemengt. Drei Tage lang war das Wasser keimfrei, am 4. Tage traten wieder Keime auf. Ein zweiter Versuch mit Brunnen b gelang nicht besser. Es muß noch erwähnt werden, daß bei allen Versuchen natürlich auch das Pumpenrohr der Wirkung der Carbolsäuremischung ausgesetzt wurde.

Fränkel machte darauf den Versuch, mit Kalk den

Brunnen zu desinfizieren. 10 kg Kalk wurden mit der vierfachen Menge Wasser gelöscht und dem Brunnen zugesetzt unter Aufrühren der Schlammschicht. Nach drei Tagen waren im 500. Liter wieder Keime nachweisbar. Der Versuch wurde wiederholt mit 25 kg Kalk ohne wesentlich besseren Erfolg.

Der genannte Autor folgerte aus obigen Versuchsergebnissen, daß eine nachhaltige Entkeimung des Wassers in Kesselbrunnen nicht erreicht werden kann wegen der ungünstigen Verhältnisse, die in der Anlage eines Kesselbrunnens selbst gegeben sind. Er läßt nur zu einer vorläufigen Reinigung die Anwendung des Kalkes zu.

Diese Versuche Fränkels haben wohl bewirkt, daß man von der Maßnahme einer Brunnendesinfektion meist absah und bei Verdacht der Infektion eines Brunnenwassers mit Krankheitserregern lieber die Entnahme von Wasser verbot oder hinderte, als den Versuch unternahm, es zu desinfizieren. Es wird wohl gelegentlich versucht worden sein, Brunnen, die nicht entbehrt werden konnten, zu desinfizieren; ich habe aber hierüber, wie über die Verwendung anderer Desinfektionsmittel zur Desinfektion von Brunnenwässern, als Carbolsäuremischung und Kalkmilch, keine Angaben in der Literatur gefunden. Wo die Gefahr der Übertragung von Krankheitserregern durch Trinkwasser vorlag, hat man sich allermeist begnügt, das Abkochen des Wassers vor dem Gebrauche anzuordnen und zu empfehlen, oder wie bei der Armee-Sanitätsverwaltung, die Filtration und die chemische Reinigung der Bedarfs-

menge versucht und in Anregung gebracht. Es läßt sich nun nicht leugnen, daß diese Maßnahmen zur Verhütung von Trinkwasserinfektionen nur dann ausreichen, wenn die in Betracht kommenden Konsumenten genügendes Verständnis zeigen und wenn ihre Ausführung überwacht wird. Das ist aber häufig nicht der Fall. Bei der Gleichgültigkeit, namentlich der Landbevölkerung, gegen die Beschaffenheit des Trinkwassers, bei der Unmöglichkeit, sofort anderes Wasser an Stelle des verdächtigen oder infizierten zu beschaffen, kann die Notwendigkeit einer Brunnendesinfektion doch hervortreten. So ist mir ein Fall bekannt, daß ein Brunnen auf einem Gute, der ausschließlich zur Wasserversorgung diente, der Desinfektion unterzogen werden mußte, und ebenso ist vor einer Reihe von Jahren auf einem Pachthofe die Desinfektion eines Brunnens, der das Wasser in das sogenannte Milchenhaus lieferte, vorgenommen worden. Im ersteren Falle erfolgte die Desinfektion so, daß mittels eines Schlauches der Dampf einer Lokomobile so lange in das Wasser des Brunnens geleitet wurde, bis dieses kochte. Die Folge war, daß das Wasser tagelang zum Genusse zu warm war. Im anderen Falle wurde Formalin in das Wasser gegossen und eine mehrere Tage lang andauernde, scheinbare Keimfreiheit erzielt, scheinbare darum, weil auf den Gelatineplatten sich keine Kolonien entwickelten, was aber auch so zu erklären ist, daß das noch vorhandene Formalin entwickelungshemmend wirkte. Nachdem durch Versuche, die im hygienischen Institut der Universität zu Rostock über die Dauer der Lebens-

fähigkeit von Typhusbazillen im Brunnenwasser angestellt wurden, dargetan ist, daß solche sechs Wochen lang im Brunnenwasser nachweisbar waren, scheint es geboten, die Frage der Möglichkeit der Desinfektion des Wassers in Kesselbrunnen noch einmal zu prüfen, zumal inzwischen das Formalin sich als desinfizierendes und die Bakterienentwicklung hemmendes Mittel in mancherlei Hinsicht bewährt hat. Auf Veranlassung von Herrn Professor Pfeiffer habe ich Versuche zur Desinfektion des Wassers in einem Kesselbrunnen im Hofe des hygienischen Instituts zu Rostock mit Formalin unternommen.

Der Brunnen ist 8,5 m von dem nächstliegenden Gebäude entfernt. In größerer Nähe befinden sich Gehege für kleinere Versuchstiere. Der Brunnenschacht hat 6 m Tiefe. Er ist mit Zementringen von 90 cm lichter Weite und 75 cm Höhe ausgekleidet. Die Fugen sind gut mit Zementmörtel abgedichtet. Die Bodenschichten, durch die der Brunnenschacht führt, bestehen aus einer nicht sehr dicken Humuslage, aus einer 3—4 m dicken Schicht aufgeschütteten Bodens mit viel Bauschutt und schließlich aus dichtem, gelben, wasserführenden Lehm. Die Wassertiefe beträgt im Durchschnitt etwa 3 m. Der Zufluß ist nur gering, eine Erscheinung, die in der geringen Durchlässigkeit der Lehmschicht ihre Erklärung findet. Der am 24. 1. 1913 völlig entleerte Brunnen hatte erst am 6. Tage beinahe seinen normalen Wasserstand wieder erreicht. Der oberste Zementring des Brunnenkessels ragt etwa 30 cm über die Erdoberfläche hinaus. Ein Deckel aus

dickem Holze, der zur Hälfte aufklappbar ist, verdeckt den Brunnenschacht. Da der Brunnen nur zu Grundwassermessungen bestimmt war, so wurde bei seinem Bau ein Pumpenrohr nicht eingesetzt.

Die Versuche zur Desinfektion des Wassers in diesem Brunnen begann ich am 4. Januar 1913 damit, daß ich zunächst den Keimgehalt des unbeeinflußten Brunnenwassers bestimmte. Die Entnahme der Proben erfolgte bei diesem, wie bei allen späteren Versuchen mittelst gut gereinigter Flaschen, die, in einem Drahtcylinder befestigt, in das Wasser gesenkt wurden. Der Drahtcylinder war am Boden mit einem Bleigewicht beschwert. Um gewissermaßen eine Mischprobe aus der ganzen Wassersäule zu gewinnen, wurde die Flasche zunächst rasch bis zum Grund gesenkt und alsdann langsam heraufgezogen. Wegen der Enge der Flaschenöffnung vollzog sich ja das Einlaufen des Wassers erst allmählich. Die Flasche war vorher nicht sterilisiert; da jedoch der Keimgehalt des Wassers ein sehr großer war, wie aus früheren Erfahrungen erschlossen werden konnte, so spielte dieser Umstand keine Rolle.

Von der geschöpften, klaren, geruchlosen, schwach gelblich gefärbten Probe wurden zweimal je 0,1 ccm in Gelatine ausgesät, ferner 1 ccm mit 9 ccm steriler Kochsalzlösung verdünnt und hiervon wiederum zweimal je 0,1 ccm zur Aussaat verwendet, was einer Menge von 0,01 ccm des ursprünglichen Wassers entspricht. Auf den Gelatineplatten entwickelten sich im Laufe von 48 Stunden zahlreiche Kolonien, die auf den mit 0,1 ccm beschickten die Gelatine bald völlig verflüssigten,

während auf den beiden anderen 55 und 41 Kolonien zu zählen waren. Darnach berechnet sich der Keimgehalt des Brunnenwassers zu 5500 und 4100 Keimen im ccm. Die Keime waren überwiegend Wasserbakterien und Bodenbakterien.

Alsbald nach der Entnahme der Probe zur Keimzahlbestimmung erfolgte die Desinfektion des Brunnenwassers durch Eingießen von $4\,^1/_2$ Litern Formalin. Das Formalin war 40prozentig. Da die Wassermenge im Brunnen nach Berechnung 1800 Liter betrug, entstand so ein Formaldehydgehalt von 1 pro mille. Nach dem Eingießen des Formalins wurde das Wasser durch Auf- und Abbewegen eines mit Blei beschwerten Eimers gründlich durchmischt. Nach einer Stunde wurde mit einem Eimer eine Probe Wasser entnommen, die stark nach Formalin roch und mit fuchsinschwefliger Säure eine intensive Rotfärbung gab. Nach weiteren drei Stunden und nach weiteren sechs Stunden wurde die Probeentnahme wiederholt. Von diesen drei Proben kamen zur Aussaat auf Gelatine nunmehr 0,1 und 0,5 ccm und von den beiden letzten Proben noch je 1 ccm. An den folgenden fünf Tagen wurde jeweils in gleicher Weise Wasser entnommen und je 0,5 und 1,0 ccm in Gelatine verbracht. In den nächsten fünf Tagen wurden wiederum nur 0,1 und 0,5 ccm für die Herstellung der Gelatineplatten verwendet, weil ich nunmehr mit dem Wiederansteigen der Keimzahl zu rechnen hatte. Die Ergebnisse der Keimzahlbestimmungen sind in der nachstehenden Übersicht mitgeteilt. Bemerken muß ich dazu, daß auf den Platten wieder-

holt zahlreiche Kolonien von Schimmelpilzen zur Entwickelung kamen, aber nicht, weil das Wasser Schimmelpilze in größerer Menge beherbergte, sondern weil im Laboratorium Versuche mit Schimmelpilzen angestellt wurden, und die Laboratoriumsluft sehr reich an Sporen dieser war. Ich habe die Schimmelpilzkolonien nicht mitgezählt.

Übersicht.

Es enthielt je 1 ccm Wasser nach den Auszählungen der Platten am 3.—5. Tage:[1])

	bei Aussaat von		
	0,1 ccm	0,5 ccm	1,0 ccm
am 1. Tage nach einer Stunde	880 Keime	98 Keime	—
am 1. Tage nach vier Stunden	40 Keime	4 Keime	2 Keime
am 1. Tage nach sieben Stunden.	10 Keime	4 Keime	— Keime
am 2. Tage	—	— Keime	— Keime
am 3. Tage	—	— Keime	— Keime
am 4. Tage	—	302 Keime	161 Keime[2])
am 5. Tage	—	— Keime	— Keime
am 6. Tage	—	— Keime	— Keime
am 7. Tage	10 Keime	— Keime	—
am 8. Tage	— Keime	— Keime	—
am 9. Tage	— Keime	— Keime	—
am 10. Tage	— Keime	— Keime	—
am 19. Tage	— Keime	— Keime	—

[1]) Da das mit dem Aussaatmaterial auf die Platten verbrachte

Nach der Übersicht hat das Formalin eine überraschende Verringerung des Keimgehaltes des Wassers zur Folge gehabt. Innerhalb einer Stunde sank der Keimgehalt von 5 500 und 4 100 auf 880 und 98 Keime, nach vier Stunden auf 40 und 4 Keime und nach sieben Stunden auf 10 und 4 Keime. Alsdann trat fast völlige Keimfreiheit ein. Daß die Keimzahlen bei verschiedenen Aussaaten so sehr abweichend sind, erklärt sich zwanglos daraus, daß mit den größeren Aussaatmengen auch nennenswerte Mengen von Formaldehyd in die Gelatine gelangten. Man kann daher für die Beurteilung der Desinfektionswirkung streng genommen nur die Keimzahlen verwerten, welche bei Aussaat von 0,1 ccm Wasser erzielt wurden. Darnach ging der Keimgehalt zurück von im Mittel 4800 Keimen

auf 880 Keime innerhalb einer Stunde,
auf 40 Keime innerhalb vier Stunden,
auf 10 Keime innerhalb sieben Stunden,
auf 0 Keime innerhalb vierundzwanzig Stunden.

Da erfahrungsgemäß bei Anwendung von sehr kleinen Proben der Aussaat, wie 0,1 und 0,5 ccm, Desinfektionsversuche ein falsches Bild geben, so wäre es nötig gewesen, die Prüfung auf Entkeimung des Wassers durch Formalin mit großen Mengen Wasser aus dem Brunnen vorzunehmen. Ich habe das bei diesem Versuche, der nur als aufklärender unternommen

Formalin offenkundig entwicklungshemmend wirkte, so wurde die Auszählung erst nach 3 5 Tagen vorgenommen, nur wenn sich Verflüssigung einstellte, schon am 2. Tage.

[2]) Hier war offenbar die Gelatine verunreinigt.

wurde, unterlassen, dagegen bei den späteren Versuchen ausgeführt[1]).

Zur Wiederherstellung der ursprünglichen Verhältnisse wurde der Brunnen ausgeschöpft und zugewartet, bis sich der ursprüngliche Wasserstand annähernd wiederhergestellt hatte, was etwa drei Tage in Anspruch nahm. Gleichzeitig wurde ein Pumpenrohr in den Brunnen eingesetzt und bei dieser Gelegenheit der verschlammte Grund des Brunnens ausgehoben und reiner Kies eingeführt. Infolge der Arbeiten im Brunnenkessel wurde das Wasser recht trübe und sehr reich an Keimen, unter denen Bodenbakterien überwogen. Alsdann wurde am 27. Januar der im vorstehenden beschriebene Versuch wiederholt.

Zunächst wurde wiederum die Keimzahl des Wassers bestimmt und zwar, um sicher zu werden, daß jeglicher Einfluß der vorausgegangenen Desinfektion beseitigt war, sieben Tage lang. Selbst bei Aussaaten von nur 0,1 ccm waren auf den Platten so zahlreiche Kolonien, daß ihre Zählung unmöglich war. Bei Aussaaten von nur 0,01 ccm am 1. und 3. Februar war durch Verflüssigung der Gelatine die Keimzahlbestimmung auch unmöglich gemacht. Das Brunnenwasser besaß also jedenfalls einen sehr hohen Keimgehalt.

Am 7. II. wurde in das Brunnenwasser, dessen

[1]) Bemerken muß ich noch, daß ich am 23. Januar, also 19 Tage nach dem Eingießen des Formalins in den Brunnen, noch einmal den Keimgehalt bestimmt habe mit dem Ergebnis, daß auf den Platten, die mit 0,1 und 0,5 ccm beschickt waren, keine Kolonien zur Entwicklung kamen (siehe auch Übersicht).

Quantum etwa 1680 Liter betrug, die Menge von 4,150 Litern 40% Formalins gegossen und durch Vermischen der beabsichtigte Formaldehydgehalt von 1 pro mille hergestellt. 5 Stunden später wurde eine Probe entnommen, und von dieser wurden je 0,1 und 0,5 ccm in Gelatine gebracht. Die Aussaaten wurden dann nach 48 Stunden, nach drei, vier und fünf Tagen mit weiteren Proben wiederholt. Vom 9. II. ab wurden je 0,5 und 1,0 ccm ausgesät. Das Ergebnis der Keimzahlbestimmung nach der Desinfektion waren in ccm Wasser

	bei Aussaat von		
	0,1 ccm	0,5 ccm	1,0 ccm
nach 5 Stunden	20 Keime	16 Keime	—
nach 48 Stunden	—	2 Keime	— Keime
nach 3 Tagen	—	2 Keime	2 Keime
nach 4 Tagen	—	6 Keime	5 Keime
nach 5 Tagen	—	4 Keime	6 Keime

Um den entwicklungshemmenden Einfluß des mit den Wasserproben auf die Gelatine gebrachten Formaldehyds auszuschalten, wurden am 13. II. zwei Liter 20% Ammoniaks in den Brunnen gegossen. Diese Menge reichte theoretisch nicht aus zur völligen Umwandlung des Formaldehyds in Hexamethylentetramin. Es wurde aber vorausgesetzt, daß ein Teil des Formaldehyds bereits gebunden oder verändert sei, und die Voraussetzung bestätigte sich, da das Wasser über-

schüssiges Ammoniak enthielt. Eine Probe von 0,5 und 1,0 ccm lieferte auf Gelatineplatten nur je vier Kolonien. Die Zahl der Kolonien vermehrte sich auch in der Folge nicht. Hierauf wurde eine Kotmenge von etwa 100 gr mit 30 ccm einer Bouillonkultur von Typhusbazillen vermischt und diese Mischung in das Brunnenwasser gegossen, das darnach gründlich durchgerührt wurde. Von einer sofort geschöpften Probe wurden 20 Tropfen auf eine Malachitgrünplatte gebracht. Nach 24 Stunden waren noch keine Kolonien zu beobachten, nach 48 Stunden einige wenige. Nach drei Tagen wurden durch die Agglutinationsprüfung vier Kolonien von Typhusbazillen nachgewiesen. Nun wurden nochmals 30 Tropfen einer neuen Probe auf eine Malachitgrünplatte verbracht. Nach 24 Stunden war noch kein Wachstum von Kolonien auf den Nährböden festzustellen. Eine Aussaat von 1 ccm auf Gelatine lieferte am 16. II. 58 Kolonien, anscheinend ein Beweis dafür, daß das Malachitgrün entwicklungshemmend gewirkt hatte. Am 17. II. wurde ein Liter des Wassers mit je 3 ccm 10 % Eisenchloridlösung und 20 % Ammoniaks behandelt. Von dem dickflockigen Niederschlage wurden 20 Tropfen auf eine Malachitgrünplatte verbracht, auf der bis zum 22. II., 5 Tage später, noch kein Bakterienwachstum beobachtet werden konnte. Ein gleiches Ergebnis lieferte eine Wiederholung dieses Versuches am 18. II. Nur ganz allmählig kamen einzelne Kolonien auf einer bei dieser Wiederholung nebenher verwendeten Lackmus-Nutroseplatte zur Entwicklung. Dieses Ergebnis, das trotz Bindung des

Formaldehyds das Wasser keimarm blieb, ja nicht einmal die eingesäten zahllosen Kotbakterien und Typhusbazillen nachweisbar wurden, deute ich so, daß das Hexamethylentetramin seinerseits bakterientötend oder die Entwicklung der Bakterien hemmend wirkte. Diese Deutung ist nach Erfahrungen, die bei der Verwendung von Urotropin zur Herstellung von elektiven Nährböden im Hygienischen Institut zu Rostock gemacht worden waren, wahrscheinlich durchaus berechtigt. Sie findet ihre Bestätigung in der Tatsache, daß am 19. II. wiederum kein oder nur spärliches Wachstum von Bakterien auf Lackmus- und Fuchsinsulfit- (Endo-) Platten auftrat. Es konnte daher auch die entwicklungshemmende Eigenschaft des Malachitgrüns nicht ausschließlich zur Erklärung der negativen Resultate der früheren Aussaatversuche hinreichen. Man kann aus dem Verlauf dieses zweiten Versuches wohl schließen, daß das Formalin und das Hexamethylentetramin ein Brunnenwasser keimarm, ja zeitweise keimfrei machen kann. Um irrtümlichen Schlüssen zu begegnen und aufzuklären, ob tatsächlich das Wasser durch das Hexamethylentetramin noch keimfrei gehalten wurde, oder ob etwa das vorhandene überschüssige Ammoniak eine die Bakterien schädigende Alkaliwirkung ausübte, brachte ich das aus der Fällung der Probe vom 18. II. gewonnene Sediment in ein Kölbchen mit etwa 100 ccm Nährbouillon. Nach 24stündiger Bebrütung wurden 10 Tropfen der Bouillon auf eine Malachitgrünplatte verbracht und von dieser Aussaat in üblicher Weise zwei Verdünnungen

auf zwei weiteren Malachitgrünplatten hergestellt. Drei Tage später waren auf diesen drei Platten Kolonien nicht zur Entwicklung gekommen.

Zu dem nun folgenden Versuche wurde der Brunnen ausgepumpt. Das gelang jedoch nur bis auf 42 cm Wasserstand über dem Brunnenboden, da der Saugkopf der Pumpe nicht tiefer hinabreichte. Daher wurde am 26. II., als der Wasserstand auf 1,1 m gestiegen war, nochmals ausgepumpt. Am 27. II. betrug der Wasserstand 1,25 m, am 28. II. 1,75 m und am 1. III. 2,10 m. Inzwischen wurden drei kleine Proben Darmausleerungen von zwei Typhusrekonvaleszenten und einer Typhusbazillenausscheiderin, in denen Typhusbazillen nachgewiesen waren, in etwa $1\,^1/_2$ Liter Nährbouillon gebracht, diese 24 Stunden bebrütet und dann am 1. III. in das Brunnenwasser gegossen. Nach Durchmischen wurde eine Probe von zwei Litern dem Brunnen entnommen und zunächst 20 Tropfen auf eine Malachitgrünplatte verbracht und von dieser noch eine 2. und 3. Verdünnung auf zwei Malachitgrünplatten hergestellt. Dann wurden die zwei Liter Wasser dem Fällungsverfahren mit Eisenchlorid und Ammoniak unterzogen und von dem Eisenoxydhydratsediment 20 Tropfen nacheinander auf drei Malachitgrünplatten verrieben. Nach 24 Stunden waren sämtliche Platten dicht bedeckt mit Kolonien, unter denen jedoch Typhusbazillen-Kolonien nicht nachweisbar waren. Eine Wiederholung der Aussaaten am 4. III. und 5. III. führte zu keinem anderen Ergebnis. Hierauf wurde eine Reinkultur von Typhusbazillen auf Agar zur Infektion

eines Liters Bouillon benutzt. Die drei Tage lang bebrütete Bouillon wurde am 10. III. dem Brunnenwasser zugemischt. Von dem durchgemischten Wasser wurden wiederum Aussaaten auf Malachitgrünplatten mit und ohne Fällung vorgenommen. Typhusbazillen konnten auch diesmal nicht nachgewiesen werden; wohl aber entwickelten sich auf den Platten zahlreiche andere Kolonien. Ich nehme an, daß die Typhusbazillen numerisch unter den zahllosen anderen Bakterien des Wassers doch noch zu stark zurücktraten. Wurden diese durch das Formalin stärker geschädigt, so konnte es vielleicht nach Desinfektion des Wassers mit Formalin noch gelingen, Typhusbazillen nachzuweisen, womit der Beweis erbracht worden wäre, daß die Abtötung der Typhusbazillen durch Formalindesinfektion im Wasser nicht so leicht gelingen würde.

Durch Zugießen von Formalin in der Menge von $4\,^3/_4$ Litern zu 1900 Litern Wasser und Durchmischen wurde die Desinfektion versucht. Eine Stunde später wurden 20 Tropfen des Wassers auf eine Malachitgrünplatte gebracht und noch zwei Verdünnungen angefertigt. Nach 24 Stunden wurde eine gleiche Aussaat auf Endo-Nährböden bewerkstelligt. Auf den Malachitgrünplatten entwickelten sich ziemlich viel Kolonien; solche von Typhusbazillen waren nicht nachweisbar. Auf den 24 Stunden später hergestellten Endoplatten bildeten sich nur wenige Kolonien; Kolonien von Typhusbazillen waren nicht darunter. Ein Liter Wasser, entnommen am 14. III., wurde in einem sterilen Kolben mit 10 ccm

einer 10 %igen Pepton-Kochsalzlösung (Stammlösung für die Anreicherung von Choleravibrionen) versetzt und 48 Stunden bebrütet. Hierauf wurden 20 Tropfen auf Platten ausgesät. Auf Platte I und II (Lackmusplatte) erfolgte Entwicklung von wenigen Kolonien, jedoch keine von Typhusbazillen. Auf Platte III (Endoplatte) erfolgte überhaupt kein Wachstum. Am 20. III. wurde in etwa ein Liter Wasser mit dem Eisenchlorid-Ammoniak-Fällungsverfahren nochmals der Nachweis von Bakterien, insbesondere von Typhusbazillen versucht; nur auf der ersten Verdünnungsplatte kamen vier Kolonien — jedoch keine von Typhusbazillen — zur Entwicklung.

Am 22. III. wurden 0,1, 0,5 und 1,0 ccm zur Keimzahlbestimmung in Gelatine gebracht. Am 24. III. konnten neben einigen tiefliegenden kleineren, mehrere rasch verflüssigende, oberflächliche Kolonien festgestellt werden. Auf Platte I (1,0 ccm) wurden am 25. III. 56 Kolonien, auf Platte II (0,5 ccm) 52 Kolonien und auf Platte III (0,1 ccm) 71 Kolonien gezählt. Die die Keimentwicklung hemmende Wirkung des Formaldehyds trat auch bei diesem letzten Versuch zu Tage. Die Typhusbazillen verhielten sich gegenüber dem Desinfiziens nicht anders wie die übrigen Bakterien. Am 26. III. wurde dann der Brunnen wieder ausgepumpt, das Auspumpen am nächsten Tage wiederholt und der Rest des Wassers bis auf etwa 20 cm Höhe mit einem Eimer ausgeschöpft.

Inzwischen war eine größere Menge Nährbouillon, im ganzen $2\,^3/_4$ Liter, mit Typhusbazillen infiziert und

48 Stunden bebrütet worden. Diese Kultur wurde am 29. III. in das Brunnenwasser gegossen, das einen Stand von 2 m über der Brunnensohle aufwies. Eine Stunde später wurde eine Probe in der Menge von etwa einem Liter entnommen und der Eisenchlorid-Ammoniakfällung unterzogen. Mit 20 Tropfen des Niederschlages wurden drei Malachitgrünplatten beschickt. Ferner wurden 20 Tropfen des Wassers direkt auf einer Malachitgrünplatte verteilt und zwei Verdünnungen hergestellt. Durch Keimzählung vor der Infektion des Brunnenwassers mit Typhusbazillen war festgestellt worden, daß das Wasser wieder reich an Bakterien, hauptsächlich Gelatine verflüssigenden, war. Auf sämtlichen Malachitgrünplatten vom 29. III. waren zahlreiche Kolonien, darunter überwiegend solche von Typhusbazillen, zur Entwicklung gekommen. Das Wasser enthielt also Typhusbazillen in zahlreicher Menge. Nun wurde durch Eingießen von 4 $^3/_4$ Liter 40 % Formalin (= 1 pro mille Formaldehydgehalt) wieder die Desinfektion versucht. Eine Stunde nach der Desinfektion wurden 30 Tropfen auf Malachitgrünagar zur Aussaat verwendet. Zugleich wurden Gelatineplatten zur Keimzählung angelegt, bei denen die Aussaat 0,5 und 1,0 ccm betrug. Die Keimzählung ergab auf den beiden Platten für den ccm berechnet 184 und 28 Keime. Die Platte mit geringerer Aussaatmenge, also an Formaldehyd ärmere, zeigte wieder mehr Kolonien. 6 Stunden nach der Desinfektion wurde mit etwa einem Liter Wasser durch das Fällungsverfahren der Nachweis von Typhusbazillen zu bringen versucht. Auch wurden direkt

30 Tropfen Brunnenwasser auf Malachitgrünplatten verbracht. Die Platten, die eine Stunde nach der Desinfektion bereitet waren, wiesen noch Kolonien von Typhusbazillen in erheblicher Anzahl auf. Die nach 6 Stunden hergestellten Platten zeigten noch reichliches Wachstum von Keimen, soweit sie mit dem Eisenoxydhydratsediment beschickt waren. Auf den Platten, die direkt mit dem Wasser beimpft waren, wurde keine Entwicklung von Kolonien beobachtet. 24 Stunden später mit einer neuen Probe des Brunnenwassers hergestellte Plattenkulturen blieben völlig frei von Kolonien. Als auf sie mittelst Ausstrich Typhusbazillen verbracht worden waren, zeigte es sich, daß deren Entwicklung nicht mehr gehemmt wurde. Platten, die nach 48 Stunden mit neuen Wasserproben hergestellt wurden, blieben ebenfalls frei von Kolonien. Am 2. IV. wurde ein Liter Wasser im sterilen Kolben mit 100 ccm Pepton-Kochsalz-Stammlösung versetzt und 24 Stunden bebrütet. Auf den am 3. IV. mit dieser Anreicherungskultur beschickten Malachitgrün- und Lackmus-Nutroseplatten kamen Kolonien von Typhusbazillen nicht zur Entwicklung. Da die Anreicherungskultur noch etwas nach Formaldehyd roch, so wurde am 4. IV. Ammoniak zugegeben, bis gleichzeitig zugesetzte Lackmustinktur schwach gebläut wurde. Dann wurde abermals 24 Stunden bebrütet. Am 5. IV. wurden hiermit wieder Malachitgrünplatten beimpft. Das Ergebnis dieses Versuches zum Nachweis von Typhusbazillen in dem desinfizierten Brunnenwasser war, daß Typhusbazillen nicht mehr festzustellen waren.

Als das Ergebnis meiner Versuche ist zu bezeichnen die Tatsache, daß es gelingt, durch Zusatz von Formalin zu Brunnenwasser in einer Menge, daß letzteres einen Gehalt von Formaldehyd von 1 pro mille erlangt, nahezu alle Keime, die im Brunnenwasser gewöhnlich vorkommen oder mit Exkrementen in das Wasser gelangt sind, abzutöten, oder, wenn ich meine Schlüsse recht vorsichtig fasse, so sehr zu schädigen oder in der Entwicklung zu hemmen, daß sie nach 24 Stunden weder durch die gewöhnlichen Plattenverfahren, noch durch Anreicherungsmethoden nachzuweisen waren, und daß auch eine Bindung des Formaldehyds im Wasser durch Ammoniak nicht ermöglichte, den Nachweis von dem Vorhandensein von Keimen in dem desinfizierten Wasser zu erbringen. Es erscheint darnach nicht aussichtslos zu sein, in Fällen, wie ich sie bei meinen einleitenden Darlegungen im Auge hatte, eine Desinfektion mit Formalin durchzuführen. Ob eine geringere Menge Formalin auch ausreichen würde, dieselben Wirkungen herbeizuführen, die bei Anwendung von 1 pro mille beobachtet wurden, konnte ich nicht mehr feststellen. Da das formalinhaltige Brunnenwasser durch Auspumpen entfernt werden kann und das neu zufließende Wasser weder im Geschmack noch im Geruch durch Reste des Formaldehyds ungenießbar wird, und da endlich die Kosten dieser Desinfektion bei einem Preise des kg 40%igen Formalins von rund einer Mark für das cbm Wasser nur 2,50 M betragen würden, so können derartige Desinfektionsversuche an Brunnen wohl als zulässig bezeichnet werden.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Pfeiffer für die freundliche Überlassung des Themas meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Am 19. Mai 1889 bin ich zu Hannover als Sohn des verstorbenen Schlossermeisters Fritz Rosenmeyer geboren. Nach Besuch der Realschule I und der Oberrealschule am Clevertor in meiner Vaterstadt erwarb ich im Februar 1907 das Zeugnis der Reife. Im Winter 1907 bezog ich die Universität Freiburg i. Br. Vom Sommer 1909 ab studierte ich in Göttingen und bestand dort die ärztliche Vorprüfung am Schluß des Wintersemesters 1909/1910. Im Sommer 1910 hielt ich mich in Freiburg auf, im Winter in Leipzig und den Rest meines Studiums verbrachte ich in Rostock. Dort bestand ich die ärztliche Prüfung am Schluß des Jahres 1912.

Vorstehende Dissertation habe ich unter Leitung des Herrn Geh. Medizinalrats Prof. Dr. Pfeiffer verfaßt. Das Rigorosum bestand ich Anfang April 1913.